

METODE KUADRAT TERKECIL UNTUK ANALISIS KONSTANTA HARMONIK PASANG SURUT AIR LAUT DI PULAU GILI RAJA, KABUPATEN SUMENEP, MADURA

Luhur Moekti Prayogo

Magister Teknik Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Indonesia

E-mail : luhur.moekti.prayogo@mail.ugm.ac.id

ABSTRAK

Gili Raja Island is a small island located in Gili Genting District, with the entire area located on the coast. The primary access to this island is the sea route, where oceanographic conditions such as tides are very influential. This study examines the tidal characteristics on the island of Gili Raja, Sumenep Regency, using the Least Squares method. Tidal data were obtained from the Meteorological, Climatological, and Geophysical Agency (BMKG) in April 2015. The research conducted shows that the tidal type on Gili Raja's island is Diurnal with a Formzahl number of 3.55 ($F > 3.0$). This type describes that there is one high tide and one low tide. However, several times there were also two tides and two ebbs with very different heights and periods. The calculation using the least-squares method produces nine harmonic components, including M2, S2, N2 and K2, which form multiple daily tides. K1, O1 and P1 are the harmonic components forming a single daily tidal type, and the following components are M4 and MS4. The value obtained for each harmonic component is the amplitude value and phase difference.

Keywords: *Least Square, Tides, Harmonic Components, Formzahl, Gili Raja*

ABSTRACT

Pulau Gili Raja merupakan pulau kecil yang berada di Kecamatan Gili Genting dengan seluruh wilayahnya terletak di pesisir. Akses utama ke pulau ini yaitu dengan jalur laut dimana kondisi oseanografi seperti pasang surut sangat mempengaruhi. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji karakteristik pasang surut di pulau Gili Raja Kabupaten Sumenep menggunakan metode Kuadrat Terkecil. Data pasang surut diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) pada bulan April tahun 2015. Dari penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa tipe pasang surut di pulau Gili Raja adalah Diurnal dengan bilangan Formzahl sebesar 3.55 ($F > 3.0$). Tipe ini menjelaskan bahwa terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut. Namun beberapa kali waktu juga terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda. Perhitungan menggunakan metode kuadrat terkecil menghasilkan sembilan komponen harmonik diantaranya M2, S2, N2 dan K2 yang merupakan komponen pembangkit pasang surut harian ganda. K1, O1 dan P1 yang merupakan komponen harmonik pembangkit tipe pasang surut harian tunggal dan komponen selanjutnya adalah M4 dan MS4. Nilai yang diperoleh setiap komponen harmonik adalah nilai amplitudo dan beda phase.

Kata kunci: *Kuadrat Terkecil, Pasang Surut, Komponen Harmonik, Formzahl, Gili Raja*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan laut yang luas serta memiliki letak yang strategis yang berada di antara dua benua (Asia dan Australia) dan dua Samudera (Pasifik dan Hindia) (Surinati, 2007). Negara ini memiliki luas laut ± 6 juta km² dari total luas total laut yang ada di permukaan bumi ± 361 juta km² (Surinati, 2007; Wibisono, 2005). Tidak hanya itu, Indonesia juga memiliki pulau sekitar 17.508 pulau dengan berbagai keanekaragaman hayati serta kawasan pesisir yang meliputi pantai dan estuaria yang potensial untuk lokasi pembangunan (Kristiyanti, 2016).

Wilayah pesisir beserta sumberdaya alamnya memiliki arti yang penting terhadap pembangunan Indonesia (Kristiyanti, 2016). Sebagai negara kepulauan, tidak sedikit masyarakat yang memanfaatkan pesisir ini dalam aktivitasnya seperti nelayan dan petambak. Kedua profesi tersebut memanfaatkan fenomena alam seperti pasang surut yang dapat membantu meringankan pekerjaannya. Selain itu pasang surut menjadi salah satu parameter hidro-oseanografi yang dapat mempengaruhi sektor perikanan, transportasi, organisme perairan laut pada zona interdal dan litoral, serta profil wilayah pantai (Hamuna et al., 2018). Menurut Triatmodjo (2012), pasang surut merupakan fenomena naik dan turunnya

permukaan air laut secara periodik yang disebabkan oleh gaya gravitasi bulan, matahari dan bumi.

Ongkosongo (1989); Hamuna et al. (2018) menyatakan bahwa terdapat tiga hal yang mempengaruhi terjadinya pasang surut diantaranya: (a) Revolusi bulan terhadap bumi yang membutuhkan waktu 29.5 hari, (b) Revolusi bumi terhadap matahari yang membutuhkan waktu 365.25 hari, (c) Rotasi bumi dengan periode 24 jam. Pasang surut dipengaruhi oleh berbagai aspek tidak hanya benda-benda langit, namun juga dipengaruhi oleh topografi dasar perairan dan garis pantai khususnya pada wilayah laut yang tertutup seperti teluk (Surinati, 2007). Hal ini menyebabkan tipe pasang surut yang berbeda wilayah satu dengan yang lain. Triatmodjo (2009) menyatakan terdapat tiga jenis pasang surut diantaranya (a) Semidiurnal (selang 24 jam terjadi 2 kali pasang dan 2 kali surut), (b) Diurnal (terjadi 1 kali pasang dan surut selama 24 jam dengan perbedaan yang tidak terlalu signifikan) dan (c) Campuran (terdapat 2 kali pasang dan 2 kali surut, dengan perbedaan yang signifikan).

Pulau Gili Raja merupakan salah satu pulau kecil yang ada di Kabupaten Sumenep yang seluruh wilayahnya langsung berhadapan dengan perairan laut. Pulau ini menjadi obyek penelitian pada kegiatan survei dan identifikasi potensi pulau-pulau

kecil di Jawa Timur oleh Kementerian Kelautan dan Perikanan (Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2014). Pulau Gili Raja termasuk dalam wilayah administrasi Pulau Gili Genting dengan panjang rata-rata 6 km dan lebar 2 kmyang terdiri dari empat desa, yaitu Desa Lombang, Desa Jate, Desa Banbaru dan Desa Banmaleng (Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2014). Dalam hal transportasi lautnya, Pulau Gili Raja memiliki tiga pelabuhan rakyat atau konvensional diantaranya Pelabuhan Lombang, Pelabuhan Banmaleng, dan Pelabuhan Banbaru yang sekaligus sebagai akses utama menuju pulau tersebut (Dewi & Indryani, 2011). Kondisi oseanografi seperti pasang surut memiliki pengaruh yang besar terhadap transportasi di pulau Gili Raja.

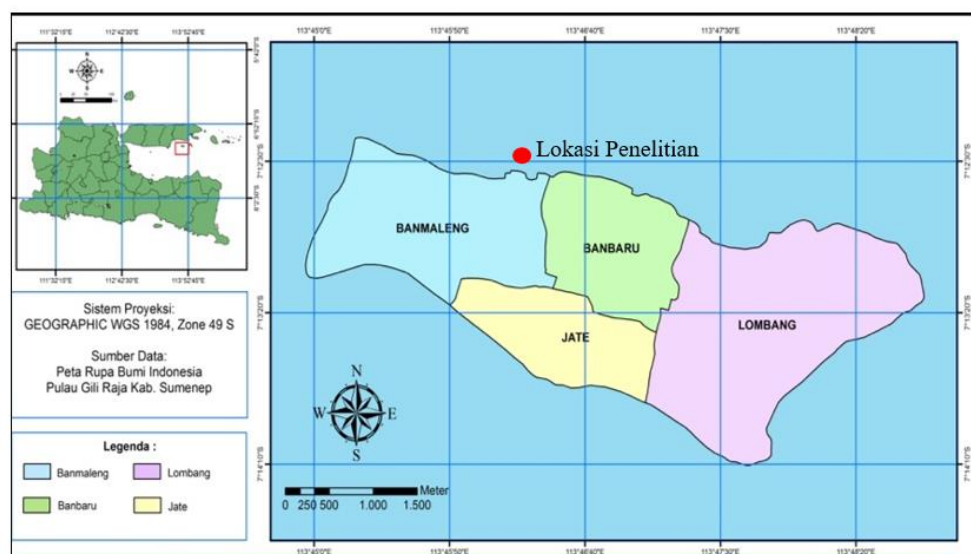
Dari penjelasan diatas, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik pasang surut seperti konstanta harmonik dan tipe pasang surut menggunakan metode

kuadrat terkecil. Informasi yang didapatkan diharapkan dapat bermanfaat bagi masyarakat sekitar untuk menunjang aktivitas, pengelolaan dan pengembangan wilayah pesisir khususnya di Pulau Gili Raja Kabupaten Sumenep, Madura.

MATERI DAN METODE PENELITIAN

Bahan dan Waktu Penelitian

Penelitian ini bertempat Desa Banmaleng Pulau Gili Raja Kabupaten Sumenep dengan letak geografis pada $07^{\circ}13'10.774''$ Lintang Selatan (LS) dan $113^{\circ}46'40.345''$ Bujur Timur (BT). Data pengamatan pasang surut diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) yang meliputi data pasang surut bulan April tahun 2015 dengan interval satu jam. Gambar 1 menunjukkan lokasi penelitian di Pulau Gili Raja Kabupaten Sumenep.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Metode Kuadrat Terkecil

Penelitian ini menggunakan metode Kuadrat Terkecil. Metode ini dipilih karena dapat digunakan untuk menghitung komponen harmonik pasang surut secara lengkap yang terdiri dari sembilan komponen

(Yoganda & Hendri, 2019). Persamaan metode Kuadrat Terkecil merupakan penjumlahan dari komponen pembentuknya (fungsi sinus) yang dapat ditulis pada persamaan 1 (Ongkosongo, 1989).

$$\eta(t) = S_0 + \sum_{i=1}^N A_i \cos(\omega_i t - P_i) \dots \dots (1)$$

dimana:

$\omega_i = \frac{2\pi}{T_i}$, T_i merupakan periode komponen
 P_i = Fase ke- i
 $\eta(t)$ = Elevasi pasang surut (fungsi waktu)
 A_i = Amplitudo ke- i
 S_0 = *Mean Sea Level*
 T = waktu

N = Jumlah Komponen

Kemudian komponen harmonik yang dihitung dalam penelitian ini ditunjukkan pada tabel (Pariwono, 1989)

Tabel 1. Komponen Harmonik

Constituents	Symbol
<i>Main lunar constituent</i>	M_2
<i>Main solar constituent</i>	S_2
<i>Lunar constituent, due to Earth-Moon distance</i>	N_2
<i>Soli-lunar constituent, due to the change of declination</i>	K_2
<i>Soli-lunar constituent</i>	K_1
<i>Main lunar constituent</i>	O_1
<i>Main solar constituent</i>	P_1
<i>Main lunar constituent</i>	M_4
<i>Soli-lunar constituent</i>	MS_4

Bilangan Formzahl

Pengolahan data diawali dengan mencari nilai-nilai amplitudo konstanta harmonik pada tabel 1. Selanjutnya untuk mengetahui tipe pasang surut yang terjadi di

wilayah Pulau Gili Raja Kabupaten Sumenep menggunakan nilai dari perhitungan bilangan Formzahl. Persamaan 2 merupakan penentuan tipe pasang surut menggunakan bilangan Formzahl (Triatmodjo, 2009).

$$F = \frac{(O_1 + K_1)}{(M_2 + S_2)} \dots \dots (2)$$

Dimana:

F : Bilangan Formzahl
 M_2 : Konstanta harmonik (Posisi bulan mempengaruhi)
 S_2 : Konstanta harmonik (Posisi matahari mempengaruhi)

O_1 : Konstanta harmonik (Deklinasi bulan mempengaruhi)
 K_1 : Konstanta harmonik (Deklinasi bulan dan matahari mempengaruhi)

Kemudian dalam penentuan tipe pasang surut dapat mengacu pada tabel 2 (Triatmodjo, 2009).

Tabel 2. Tipe Pasang Surut	
Nilai	Tipe Pasang Surut
$F \leq 0.25$	<i>Semidiurnal</i>
$0.25 < F \leq 1.5$	<i>Mixed tide prevailing semi-diurnal</i>
$1.50 < F \leq 3.0$	<i>Mixed tide prevailing diurnal</i>
$F > 3.0$	<i>Diurnal</i>

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komponen Harmonik Pasang Surut

Penggunaan metode kuadrat terkecil dalam penelitian ini ditujukan untuk menghitung konstanta harmonik utama pembentuk pasang surut. Pada Tabel 3 menggambarkan hasil perhitungan beda phase dan amplitudo pasang surut pada bulan April 2015. Pertama, hasil perhitungan beda phase komponen M2, S2, N2 dan K2 yang merupakan komponen pembangkit pasang surut harian ganda menghasilkan nilai secara berturut-turut sebesar 344.8652, 339.0935, 266.8923 dan 190.4858. Kemudian komponen K1, O1 dan P1 yang merupakan komponen harmonik pembangkit tipe pasang surut harian tunggal menghasilkan nilai beda phase secara berturut-turut sebesar 83.84739, 243.0859 dan 258.7932. Komponen selanjutnya adalah M4 dan MS4 menghasilkan nilai beda phase sebesar 336.0948 dan 24.27229.

Kedua, hasil perhitungan amplitudo komponen M2, S2, N2 dan K2 yang merupakan komponen pembangkit pasang

surut harian ganda menghasilkan nilai secara berturut-turut sebesar 0.054911278, 0.009721617, 0.007339179 dan 0.0642517. Kemudian komponen K1, O1 dan P1 yang merupakan komponen harmonik pembangkit tipe pasang surut harian tunggal menghasilkan nilai amplitudo secara berturut-turut sebesar 0.081822013, 0.147914457 dan 0.081012793. Komponen selanjutnya adalah M4 dan MS4 menghasilkan nilai amplitudo sebesar 0.095022451 dan 0.082931006.

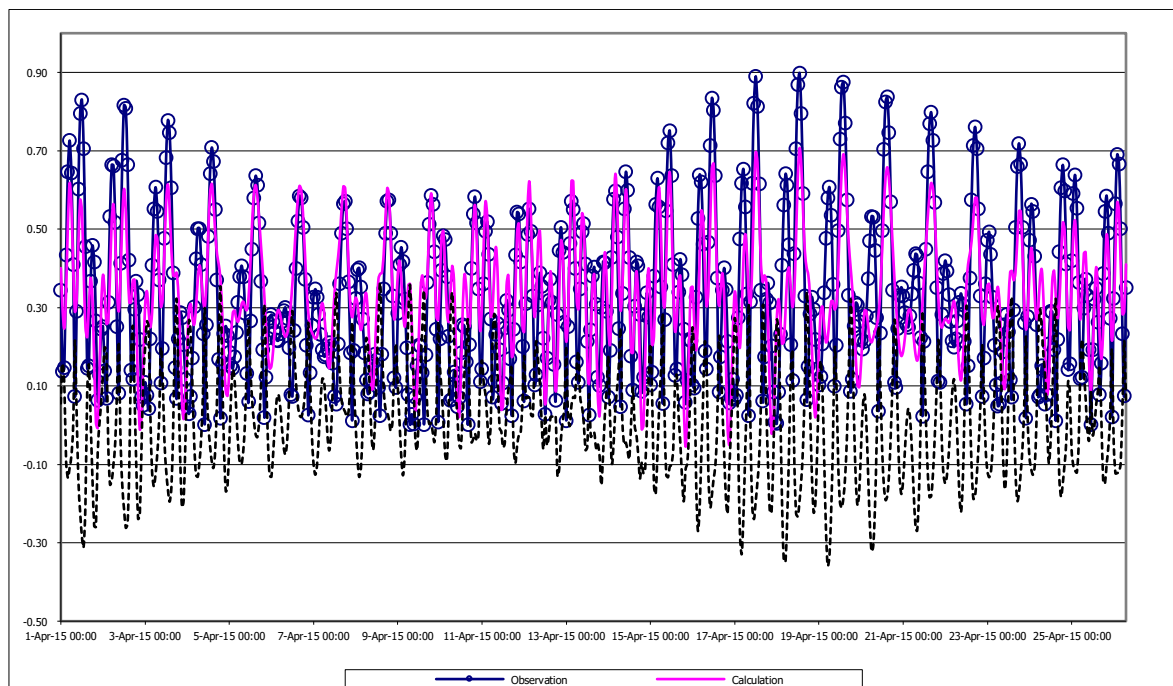
Tipe Pasang Surut

Penentuan tipe pasang surut dilakukan dengan menggunakan formula bilangan *Formzahl*. Konstanta-konstanta dalam persamaan tersebut adalah tetapan yang ditentukan melalui analisa metode kuadrat terkecil. Apabila nilai $F > 3$, maka tipe pasang surut adalah diurnal, bila $F < 0.25$ tipe pasang surut adalah semidiurnal. Kemudian apabila nilai F antara 0.25 – 1.25 maka tipe pasang surut adalah campuran dengan kecenderungan semidiurnal dan jika nilai F antara 1.25 - 3.0, maka tipe pasang surut adalah campuran dengan kecenderungan diurnal.

Tabel 3. Komponen Harmonik Pasang Surut bulan April 2015

No	Konstituen	Simbol	Deskripsi	Periode (jam)	ω (rad/hour)	g^o phase	H=Amplitudo (m)
1	Main lunar constituent	M2	semi diurnal	12.4206	0.505868	344.8652	0.054911278
2	Main solar constituent	S2		12	0.523599	339.0935	0.009721617
3	Lunar constituent, due to Earth-Moon distance	N2		12.6582	0.496373	266.8923	0.007339179
4	Soli-lunar constituent, due to the change of declination	K2		11.9673	0.525029	190.4858	0.0642517
5	Soli-lunar constituent	K1	diurnal	23.9346	0.262515	83.84739	0.081822013
6	Main lunar constituent	O1	quarterly	25.8194	0.243351	243.0859	0.147914457
7	Main solar constituent	P1		24.0658	0.261084	258.7932	0.081012793
8	Main lunar constituent	M4		6.2103	1.011736	336.0948	0.095022451
9	Soli-lunar constituent	MS4		6.1033	1.029473	24.27229	0.082931006

Hasil analisa data yang diolah pada satu kali air pasang dan satu kali air surut. bulan April tahun 2015 menunjukkan Namun beberapa kali waktu juga terjadi dua bilangan *Formzahl* sebesar 3.55 ($F > 3.0$), kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi yang berarti bahwa tipe pasut di lokasi dan periode yang sangat berbeda. Gambar 2 penelitian Pulau Gili Raja Kabupaten menunjukkan grafik fluktuasi pasang surut Sumenep adalah tipe Diurnal. Tipe ini bulan April 2015 di pulau Gili Raja Kabupaten Sumenep.



Gambar 2. Grafik fluktuasi pasang surut di pulau Gili Raja bulan April 2015

SIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan di pulau Gili Raja Kabupaten Sumenep menunjukkan bahwa tipe pasang surut di perairan tersebut adalah Diurnal dengan bilangan *Formzahl* sebesar 3.55 ($F > 3.0$). Tipe ini menjelaskan bahwa terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut. Namun beberapa kali waktu juga terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda. Perhitungan menggunakan metode kuadrat terkecil menghasilkan sembilan komponen harmonik diantaranya M2, S2, N2 dan K2 yang merupakan komponen pembangkit pasang surut harian ganda. K1, O1 dan P1 yang merupakan komponen harmonik pembangkit tipe pasang surut harian tunggal dan komponen selanjutnya adalah M4 dan MS4. Nilai yang diperoleh setiap komponen harmonik adalah nilai beda phase dan amplitudo.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada BMKG Tanjung Perak, Surabaya yang telah memberikan data pasang surut sehingga dapat digunakan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Dewi, Y. K., & Indryani, R. (2011). Penentuan Prioritas Lokasi Pengembangan Pelabuhan di Pulau Giliraja Kabupaten Sumenep. *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XIII*, 1–8. <https://doi.org/978-602-97491-2-0>.
- Hamuna, Rosye H.R. Tanjung, John D. Kalor, Lisiard Dimara, E. I., & Maklon Warpur, Y. Y. P. P. dan K. P. (2018). Studi Karakteristik Pasang Surut Perairan Laut Mimika, Provinsi Papua. *Jurnal Acropora Ilmu Kelautan Dan Perikanan Papua*, 1(1), 19–28.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2014). *Gili Raja*. Direktori Pulau-Pulau Kecil Indonesia. http://www.ppk-kp3k.kkp.go.id/direktori-pulau/index.php/public_c/pulau_info/4673 (Diakses 28 Maret 2021).
- Kristiyanti, M. (2016). Pemberdayaan Masyarakat Pesisir Pantai Melalui Pendekatan ICZM (Integrated Coastal Zone Management). *Prosiding Seminar Nasional Multi Disiplin Ilmu & Call For Papers Unisbank (Sendi_U) Ke-2 T*, 752–760. <https://doi.org/978-979-3649-96-2>.
- Ongkosongo. (1989). *Pasang Surut* (Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi (ed.)). Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. 257 hlm.
- Pariwono. (1989). *Gaya Penggerak Pasang Surut* (P. O. dan Suyarso (ed.)). Puslitbang Oseanologi LIPI.
- Surinati, D. (2007). Pasang Surut Dan Energinya. *Oseana*, 32(1), 15–22. <https://doi.org/0216-1877>.

- Triatmodjo, B. (2012). *Perencanaan Bangunan Pantai* (Vol. 2). Beta Offset. 327 hlm.
- Triatmodjo, B. (2009). *Perencanaan Pelabuhan*. Beta Offset. 490 hlm.
- Wibisono, M. S. (2005). Pengantar ilmu kelautan. In *Grasindo. Jakarta* (Vol. 226). 224 hlm.
- Yoganda, Hendri A, I. S. (2019). Kajian Pasang Surut Dengan Metode Least Square Di Perairan Kabupaten Bengkalis. *Jom FTEKNIK*, 6(1), 1–9.